

## Verso un Sistema Informativo Geologico: l'applicativo CARGeo per la banca dati Geologica della Regione Lombardia

C.A. BRUNORI (\*), G. SILETTO (\*\*), A. PICCIN (\*\*), F. BERRA (\*\*\*) & E. MOZZI (\*\*\*\*)

### RIASSUNTO

Nell'ambito del progetto nazionale CARG, la Regione Lombardia ha creato una banca dati geologica su base geografica finalizzata sia all'interrogazione dei dati sia alla loro pubblicazione cartacea (scale 1:10.000 e 50.000); sono stati definiti standard specifici, diversi da quanto indicato dal progetto nazionale CARG, adatti alle esigenze di dettaglio richieste. Allo scopo è stato pianificato e in gran parte realizzato, un rilevamento ex-novo con dettaglio cartografico 1:10.000.

Per guidare e agevolare il *data entry* è stato messo a punto l'applicativo CARGeo, sviluppato in ambiente ArcView®-Visual-Basic®-Access®-Arc/Info®, per l'archiviazione e controllo dei dati geometrici ed alfanumerici attraverso l'utilizzo di maschere a liste e cataloghi predefiniti. I dati raccolti possono essere inseriti senza particolari conoscenze informatiche attraverso interfacce grafiche e procedure standardizzate. Gli attributi sono direttamente associati agli elementi geometrici, anziché attraverso schede relative a punti di osservazione; la maggior parte dei dati registrati nei quaderni di terreno sono direttamente attribuiti agli oggetti geologici. Il geologo è in grado di eseguire procedure di controllo, intervenire sugli errori, creare la banca dati corretta secondo gli standard predefiniti quindi pubblicare il dato geologico anche via WEB.

**TERMINI CHIAVE:** *Cartografia Geologica, Rilevamento Geologico, Database, GIS, CARG.*

### ABSTRACT

**Towards a Geological Information System: the CARGeo System and the Regione Lombardia Geological Database.**

In the framework of the national mapping program «CARG-New Italian Geological Map at 1:50.000 scale», Regione Lombardia is generating a detailed map (1:10.000 scale) of its territory. Surveying criteria have been carefully defined in order to produce homogeneous geological maps: geological survey has been performed at the 1:10.000 scale, and data have been stored in a GIS-oriented database. The detailed survey scale improved the geological knowledge: the new maps represent an important tool for territorial planning requirements of public administrations and engineering geologists (e.g. in hydrogeological and seismic risk evaluation).

Field geologists performed data input in the geological data base by alternating field campaigns and data input throughout the year, taking advantage of periods when field activities are slackened (i.e. according to climate conditions). In this way, data entry is nearly synchronous with data collection, and field data become quickly accessible. Data entry by the field geologists on one side slows down the field activity, however, it guarantees a precise digitalization of geometric data and a correct attribute assignment, allowing to optimize working time.

To allow the data entry to non-GIS-specialized users, we developed an ArcView®-VisualBasic®-MSAccess® application, enabling the simultaneous acquisition of geometric and alphanumeric data. Data base management and cartographic production are performed with ArcInfo®, through specific procedures which, after data reorganization and control (both alphanumeric and geometric), lead to the final cartographic output at different scales.

The 1:10.000 geological database is migrated in the ArcSDE structure and prepared for data view, query and download ([www.cartografia.regione.lombardia.it/cargweb](http://www.cartografia.regione.lombardia.it/cargweb)) using ESRI (ArcIMS) tools.

From the 1:10.000 geological database we derived the database for the 1:50.000 CARG maps by both automatic and manual generalization according to the CARG-APAT standards. During the different phases of the project, several problems arose, due to both project organization and data storage system (from data collection in the field to elaboration and digitalization, and, in case, to final publication).

- Data collection: the survey activity was divided between «bedrock» and «quaternary» specialists. The double survey provided a high-quality geological description of the territory, but slowed the generation of the data-flow. Based on this experience, the last assigned areas are surveyed by a single geologist, under the supervision of quaternary and bedrock experts.

- Users feedback: geologists are normally used to draw their maps on paper; learning how to produce electronic maps can be difficult, and the software tools have to be studied very carefully and present user friendly interfaces. Nevertheless, in our experience, a training period has to be planned, and geologists have to be supported by a GIS expert, who can understand their needs and modify the software accordingly.

- System architecture: the ArcView®-VisualBasic®-MSAccess® (Windows platform) – ArcInfo® (UNIX platform) environment, revealed problems in the client-server stability of an earlier version; some unsolved troubles remain, mainly related to the network architecture. The presence in the CARG-Regione Lombardia crew of consultant geologists, experienced and trained in collection, analysis and data entry in the final database, accelerated the critical phases of:

- Data base derivation from Regione Lombardia dataset to CARG-APAT standard.

**KEY WORDS:** *Geological Cartography, Geological Survey, Database, GIS, CARG.*

### PROGETTO CARG – REGIONE LOMBARDIA

Il Progetto di Cartografia Geologica della Regione Lombardia è inserito nel Programma Nazionale CARG (Nuova Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000) e prevede la realizzazione di una banca dati geologica per la produzione della derivata Carta Geologica Regionale alla scala 1:10.000 e della Carta Geologica Nazionale alla scala 1:50.000.

Il rilevamento geologico sul terreno viene effettuato alla scala 1:10.000 sulla base topografica della Carta Tecnica Regionale. L'inserimento e controllo dei dati nel Sistema Informativo Geologico avviene tramite appositi

(\*) Istituto Nazionale di Geofisica - Remote Sensing lab., via di Vigna Murata 605, 00143 Roma, Italy, e-mail: [brunori@ingv.it](mailto:brunori@ingv.it)

(\*\*) Regione Lombardia, Struttura Sistema Informativo Territoriale, Via Sasseti 32, 20124 Milano, Italy.

(\*\*\*) Dipartimento di Scienze della Terra «A. Desio», Università degli Studi di Milano, via Mangiagalli 34, 20133 Milano, Italy.

(\*\*\*\*) Lombardia Servizi S.p.A. (Gruppo Lombardia Informatica), Via don Minzoni 24, 20158 Milano, Italy.

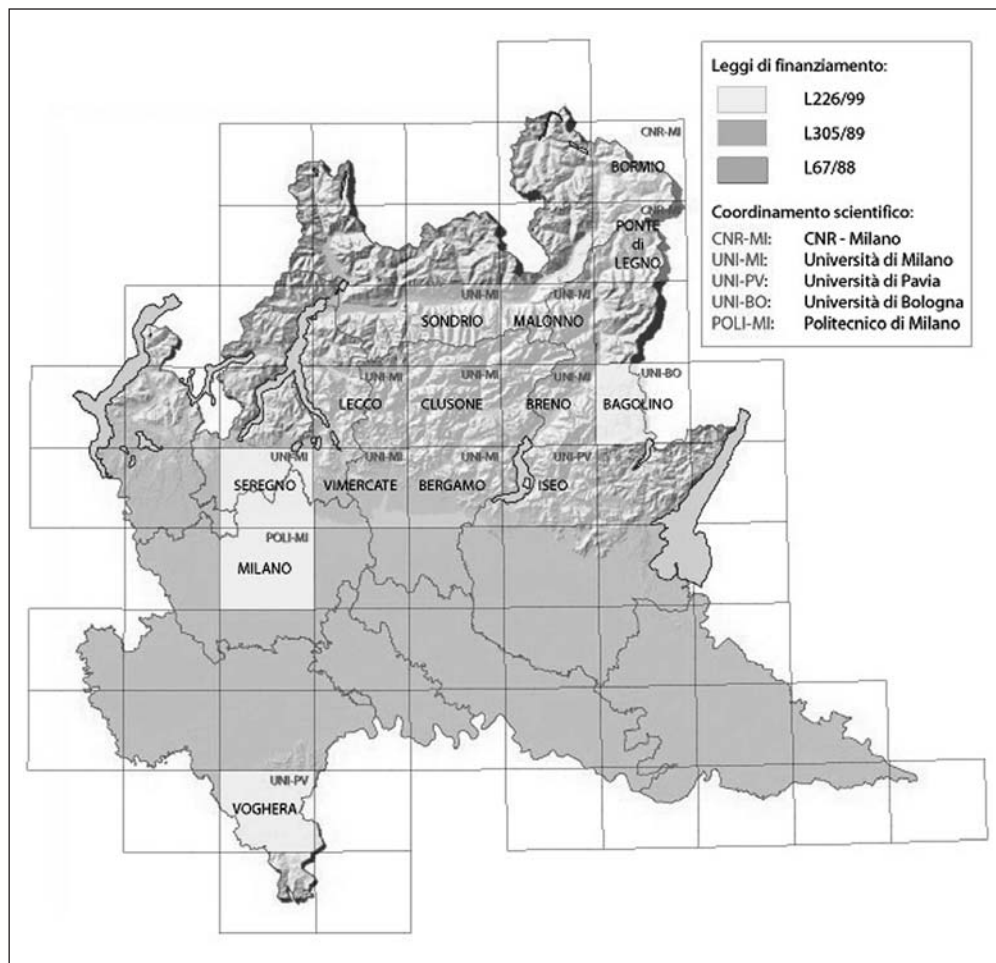


Fig. 1 - Inquadramento dei fogli di competenza dell'Ente Regione Lombardia.

– The Regione Lombardia geological sheets (1:50.000).

applicativi sviluppati in collaborazione con Lombardia Servizi S.p.A. (Gruppo Lombardia Informatica).

I fogli in corso di realizzazione affidati all'Ente Regione Lombardia sono 14 (fig. 1).

Oltre 200 sono le sezioni 1:10.000, organizzate secondo la griglia definita nell'ambito dalla Carta Tecnica Regionale (fig. 2)

Il Sistema Informativo Geologico (SIG) costituito per la redazione del rilevamento e costruzione della banca dati, coinvolge rilevatori, tecnici, direttori di rilevamento e responsabili dei fogli, afferenti a:

- Regione Lombardia (Direzione Territorio e Urbanistica);
- Università degli Studi di Milano (Dip. Scienze della Terra);
- Università degli Studi di Pavia (Dip. Scienze della Terra);
- Università di Bologna (Dip. Scienze della Terra);
- CNR di Milano (Centro di Studio per la Geodinamica Alpina-Milano);
- Lombardia Servizi S.p.A. (Gruppo Lombardia Informatica).

Il progetto CARG-Regione Lombardia si è proposto, nel quadro degli obiettivi indicati dal progetto nazionale, tre principali finalità:

- realizzazione di un rilevamento *ex-novo* alla scala 1:10.000;

- definizione di standard di banca dati nel quadro del Sistema Informativo Territoriale regionale;

- creazione di una banca dati su base geografica (GIS) finalizzata all'interrogazione dei dati inseriti e alla sua pubblicazione cartografica (tradizionale e WEB).

La definizione del contenuto informativo, vista la diversa architettura informatica rispetto a quanto proposto dal progetto CARG-APAT (AA.VV., 2000), ha visto la stretta interazione fra geologi (rilevatori e referenti scientifici) e tra geologi e informatici, nella fase di ideazione, realizzazione e test dell'ambiente GIS.

Il Sistema prevede la creazione di strati informativi (*shapefile* per la parte geometrica e attributi archiviati in file mdb ad essi associati) e *cover* derivati per le procedure di controllo topologico e per la pubblicazione del dato.

Nella tab. 1 sono descritti gli strati informativi del *database* regionale costituito da *shapefile* e *cover*; sono elencati i nomi dei file definiti da un numero identificativo della sezione CTR e da una sigla relativa ad un determinato tema (ad es.: 1ugfga.shp per gli archi/limiti geologici); l'insieme dei *shapefile* relativi ad una particolare sezione insieme ad un file «.mdb» contenente la banca dati di ACCESS® (esempio 1.mdb), è denominato «meta-cover». Nella colonna COVER, sono riportati i nomi dei cover derivati dagli *shapefile*. Nella colonna «tabella» nomi delle principali tabelle relazionate con gli strati informativi geometrici, contenenti gli attributi relativi agli elementi cartografati.

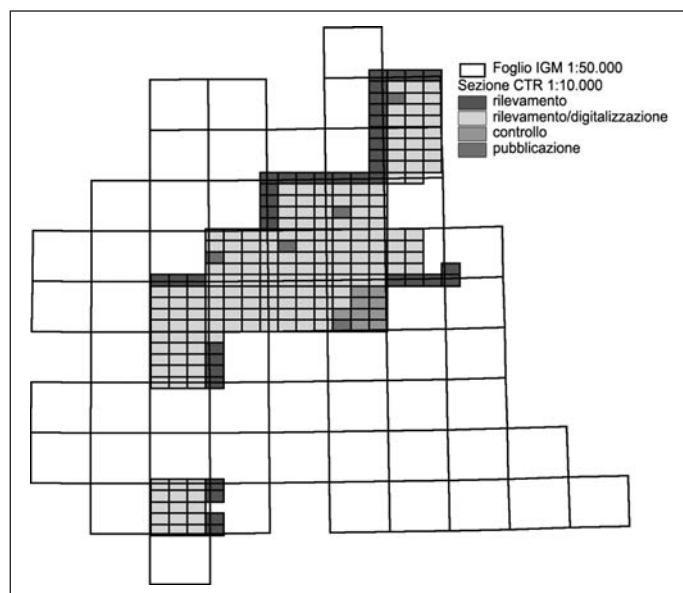
TABELLA 1  
– Elenco dei temi presenti in CARGeo.  
– *List of themes in CARGeo.*

Tema di acquisizione	Tipologia	Shape	Cover derivati	Tabella (.mdb)
Limiti di Unità Geologiche e faglie	lineare	Ugfga	UNIGEO (FAGLIE)	fg_sgrl_con
Unità Geologiche e depositi antropici	puntiforme	Ugl	UNIGEO	ug_sgrl_con
Elementi stratigrafici e strutturali	puntiforme	Stp	GIAC	st_sgrl_con
Limiti di processi geologici particolari	lineare	Pga	PROGEO	
Processi geologici particolari	puntiformi	Pgl	PROGEO	pg_sgrl_con
Sistema di fratture	poligonale	Fry	SISTFRATT	fr_sgrl_con
Frattura	lineare	Sfa	FRATT	
Tracciato	lineare	Tra	TRACC	
Elementi morfologici	puntiformi	Mpp	MORFOP	mp_sgrl_con
Elementi morfologici	lineari	Osa	MORFOL	os_sgrl_con
Livelli guida/vena mineralizzata	lineare	Lga	LIVGUI	lg_sgrl_con
Unità strutturale	poligonale	Usl	-	us_sgrl_con
Lineamento tettonico	lineare	Lta	LINTETT	lt_sgrl_con
Traccia di superficie assiale	lineare	Tsa	TRSUPASS	ts_sgrl_con
Traccia di filiazione	lineare	Tfa	TRFOL	tf_sgrl_con
Unità Geologica sepolta	lineare	Gsa	GEOSEP	us_sgrl_con
Sorgenti	puntiforme	Sop	SORG	so_sgrl_con
Area dissestata	poligonale	Diy	AREADIS	
Sito estrattivo	puntiforme	Aep	SITOES	
Area di studio	poligonale	Asy	AREADIS	
Indagine	puntiforme	Idp	INDAGINI	
Ripresa fotografica	puntiforme	Rfp	RIPFOTO	
Forme di Unità Geologiche di quaternario	poligonale	Fqy	FORMEQUA	
Elemento carsico	puntiforme	Cpp	CARSPUN	
Elemento carsico	poligonale	Cyy	CARSPOL	
Area rilevata quaternario	poligonale	Rqy	RILQUA	
Area rilevata substrato	poligonale	Rsy	RILSUB	
Altri oggetti	poligonali	Xxy	ALTROPOL	
Aree antropiche	poligonale	Aay	UNIGEO	aa_sgrl_con

*CARGeo: problemi riscontrati e soluzioni proposte o adottate nell'utilizzo del sistema*

Nell'arco dei dieci anni (1996-2006) di utilizzo dell'ambiente CARGeo, il sistema ha subito trasformazioni anche sostanziali a partire dalla ridefinizione delle tabelle contenenti gli attributi, relazioni e regole di dipendenza fra attributi e geometrie; queste modifiche hanno comportato miglioramenti e/o integrazioni delle interfacce grafiche e la definizione di nuove regole dei controlli, criteri e «protocolli» procedurali per il popolamento della banca dati.

Fig. 2 - Suddivisione del territorio regionale nei Fogli (Scala 1:50.000); il rilevamento della carta geologica regionale è realizzato secondo le sezioni e la banca dati generalizzata alla scala minore (1:25.000) secondo la suddivisione nazionale, nei Fogli (griglia IGM). I colori indicano lo stato di avanzamento.  
– *The partition of Lombardia Region in Sezioni (1:10.000) and Fogli (1:50.000).*





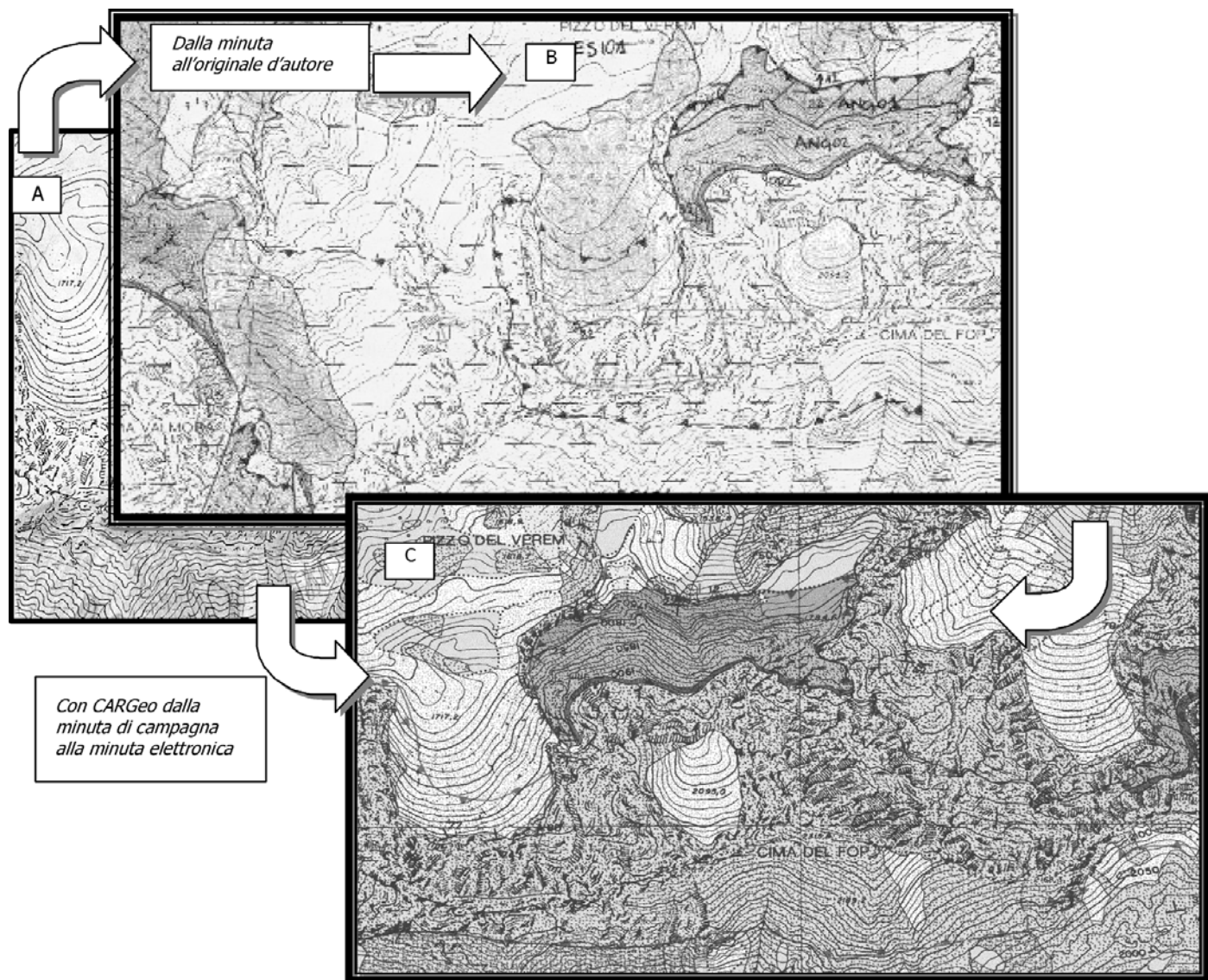


Fig. 3 - Attraverso CARGeo, la minuta di campagna può essere direttamente digitalizzata a cura dello stesso rilevatore che ne eseguirà i controlli di correttezza geometrica e topologica e rispetto alle regole logiche e disciplinari fino alla pubblicazione.

– Using CARGeo, the field map (A) can be transformed in the digital format (C), the derived database is controlled according to the database structure's rules and finally distributed as geological map by geologists.

Le modifiche apportate, le correzioni dei *bugs* individuati, hanno comportato di volta in volta aggiornamenti dei sistemi utilizzati dai rilevatori sparsi sul territorio e il relativo addestramento per le nuove funzioni implementate; tali aggiornamenti uniti a piccole o grandi ristrutturazioni dell'architettura, hanno rallentato il flusso dei dati ritardando l'attuazione del programma di creazione delle banche dati secondo la struttura CARG nazionale (AA.VV., 1997).

Di contro la filosofia che sta alla base del progetto regionale ha permesso la generazione di una banca dati di dettaglio, in continuo incremento, fornendo a ricercatori, amministrazioni locali, professionisti e realtà produttive, un prezioso strumento per la conoscenza e pianificazione del contesto geologico lombardo.

Il sistema è stato ideato come una serie di ambienti fra loro sequenziali, dove il geologo, aiutato da strumenti

semplificati, pilota la trasformazione del dato in informazione codificata, quindi in prodotti digitali e cartografici pubblicabili (fig. 4).

Nella progettazione del sistema sono stati creati percorsi di elaborazione obbligati e interfacce grafiche per la loro esecuzione contenenti opzioni (cataloghi degli attributi) per la compilazione degli attributi. La scelta di suddividere in «ambienti» specializzati il sistema, ha causato una sua eccessiva frammentazione di funzioni e operazioni di processamento del dato; in altri casi si è prodotto il problema inverso imponendo eccessive «rigidità» nella esecuzione delle procedure. Per facilitare il lavoro dei rilevatori, sono stati impiegati geologi con competenze informatiche con la funzione di filtro fra i rilevatori e il sistema centrale e di controllo del flusso dei dati, il tutto sotto la supervisione di esperti disciplinari e tecnici con responsabilità diretta nella

valutazione dei problemi, nella proposta e realizzazione delle soluzioni.

#### Criteri di rilevamento

Tre sono gli elementi critici su cui si è dovuto intervenire per correggere errori di valutazione o creare nuovi ruoli per accelerare i tempi di realizzazione:

- rapporto rilevatori/kmq,
- suddivisione di ruoli nel rilevamento del substrato e del quaternario.
- architettura del sistema.

#### Rapporto rilevatori/kmq

Nelle circa 14 sezioni CTR 1:10.000 relative ad ogni Foglio al 50.000 (circa 600 kmq) sono impiegati 2 rilevatori a tempo pieno per 3 anni: 100 kmq a testa all'anno. In zone di montagna i kmq sono risultati essere troppi, con conseguente allungamento dei tempi previsti nella realizzazione del rilevamento; la rimodulazione del carico di lavoro e/o dei tempi previsti per il suo completamento è stato in parte ostacolato dalle carenze di fondi disponibili. La soluzione è stata quella di aumentare i rilevatori in proporzione ai kmq da rilevare scontrandosi con la difficoltà di reperire competenze adeguate e/o disponibili.

In ultima analisi, i fondi stanziati per foglio sono ritenuti insufficienti.

#### Suddivisione ruoli nel rilevamento del substrato e del quaternario.

Nella prima fase per ogni sezione CTR 1:10.000 sono stati impiegati rilevatori diversi per substrato e quaternario; pur ottenendo una migliore qualità dei dati, questo ha portato ad una dilatazione dei tempi nella integrazione delle due banche dati e il conseguente aumento dei costi di esercizio.

Ponderando di volta in volta sulla base delle problematiche geologiche delle aree da rilevare, è stato affidato ad un solo geologo il rilevamento della singola sezione sotto la supervisione di due esperti di settore per il controllo finale del rilevamento. Questo ha prodotto risultati qualitativi più soddisfacenti in rapporto ai tempi di esecuzione, permettendo il recupero, anche se in minima parte, dei ritardi accumulati.

#### Architettura di sistema: dall'integrazione delle piattaforme alla piattaforma integrata

Il sistema CARGeo si basa sulle piattaforme ArcView®, MSAccess® e VisualBasic® per sistemi operativi Windows® installati nei *client* e ArcInfo® su *workstation* UNIX per la parte *server*. La complessa articolazione è dovuta alla necessità di utilizzare strumenti progettati per «dialogare» fra loro, garantendo l'interazione/integrazione nel Sistema Informativo Regionale, utilizzando piattaforme RDBMS, GIS e standard informatici comuni.

Nel tempo si sono presentate difficoltà tecniche, non tanto dal lato *client*, quanto dal lato *server* dove i dati vengono centralizzati e dove avviene, attraverso la rete regionale, il passaggio dei dati da un sistema operativo all'al-

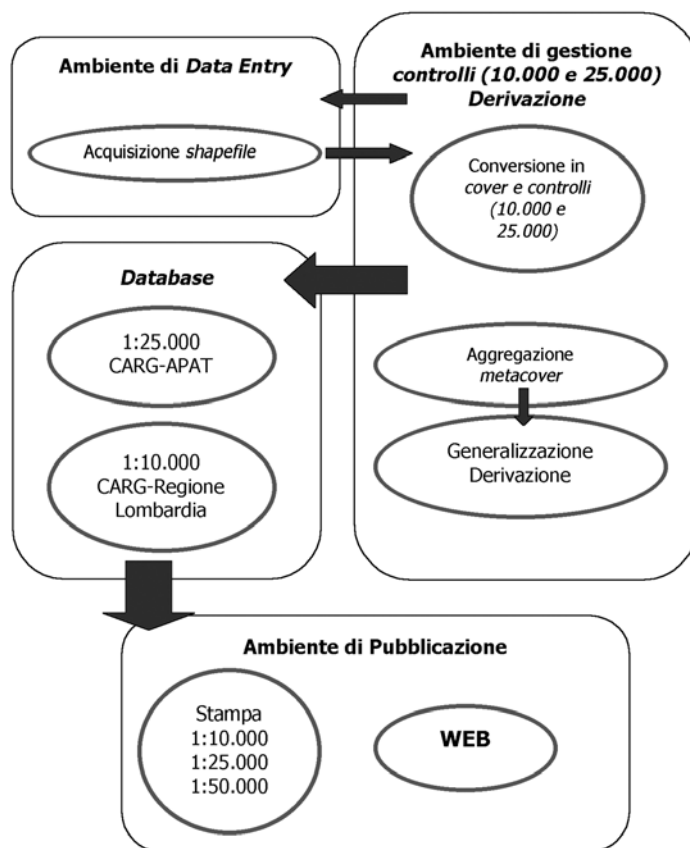


Fig. 4 - Gli ambienti in cui è suddiviso il Sistema Informativo Geologico: la banca dati consolidata per la scala 1:10.000, oltre a poter essere pubblicata (via cartacea e WEB), in ogni momento può essere modificata e generalizzata alla scala 1:25.000 quindi derivata secondo la struttura CARG-APAT.

– Using CARGeo, Geological Information System produce 1:10.000 scale maps derived from database, the 1:25.000 database in a «CARG-APAT» format is derived directly from it.

tro. La lunga serie di scambi fra i due sistemi operativi e la trasmissione del dato attraverso una rete non sempre in grado di sopportare il traffico di dati, ha posto spesso in crisi il sistema con dannose perdite di dati.

Vista la scelta/necessità di utilizzare lo standard ESRI®, è naturale ripensare CARGeo attraverso la piattaforma ArcGIS®, dove sia le funzioni *client* e *server* siano integrate in un unico sistema che presenti tutte le funzioni e utilità che sono ora implementate nella complessa architettura del sistema CARGeo. Lo sfruttamento di un tale sistema permetterebbe la gestione della banca dati così come è stata progettata, minimizzando le problematiche di gestione e trasformazione del dato.

#### CONCLUSIONI

Il Sistema Informativo Geologico strutturato della Regione Lombardia, ha raggiunto solo in parte gli obiettivi previsti nella fase di progettazione; in particolare non è riuscito a rispettare i tempi di realizzazione della banca dati nazionale CARG. La struttura della banca nazionale è ritenuta non idonea come strumento di pianificazione territoriale per la Regione Lombardia, quindi la creazione del *database* regionale (integrabile nel Sistema Informati-

vo Territoriale complesso e già strutturato), ha tentato di rispondere a questa esigenza, spostando però in avanti nel tempo la realizzazione degli obiettivi nazionali.

D'altra parte è stato raggiunto l'importante obiettivo metodologico di pianificare e realizzare un Sistema Informativo Geologico, dove il rilevamento fosse funzionale alla produzione di una banca dati geologica con un alto livello del controllo qualitativo, obiettivo chiaramente indicato come prioritario dalle linee guida del Progetto Nazionale CARG.

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1997) - *Banca Dati Geologici Linee guida per l'informatizzazione e per l'allestimento per la stampa dalla banca dati*. Quaderni Serie III del Servizio Geologico Nazionale, vol. **6**, Carta Geologica d'Italia, 1:50.000.
- AA.VV. (2000) - *Contenuto informativo e schema concettuale della base dati geologica*. Ed. Regione Lombardia - Progetto CARG.
- BERRA F., BRUNORI C.A., MOZZI E., PICCIN A., & SILETTO G. (2005) - *GIS al servizio della cartografia geologica; soluzioni e problematiche nell'ambito del progetto CARG-Regione Lombardia*. Epitome.